

*Для цитирования:* Исмаилов Т.А., Хазамова М.А., Рагимова Т.А. КРИОТЕРМОАППЛИКАЦИОННАЯ ТЕРАПИЯ В НЕВРОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016;42(3):73-82 DOI:10.21822/2073-6185-2016-42-3-73-82

*For citation:* Ismailov T.A., Hazamova M.A., Ragimova T.A. CRIOTHERMOAPPLICATIONAL THERAPY IN NEUROLOGY WITH THE USE OF THERMOELECTRIC ENERGY CONVERTERS. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;42 (3):73-82. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2016-42-3-73-82

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ**  
**TECHNICAL SCIENCE**  
**POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL MECHANICAL ENGINEERING**

УДК 621.3

DOI: 10.21822/2073-6185-2016-42-3-73-82

**Исмаилов Т.А.<sup>1</sup>, Хазамова М.А.<sup>2</sup>, Рагимова Т.А.<sup>3</sup>**

<sup>1-3</sup>Дагестанский государственный технический университет,  
367015 г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70,  
<sup>1</sup>e-mail: [dstu@dstu.ru](mailto:dstu@dstu.ru),  
<sup>2</sup>[kaftoe2016@yandex.ru](mailto:kaftoe2016@yandex.ru),  
<sup>3</sup>[ragimovatamila@yandex.ru](mailto:ragimovatamila@yandex.ru)

**КРИОТЕРМОАППЛИКАЦИОННАЯ ТЕРАПИЯ В НЕВРОЛОГИИ**  
**С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ**  
**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ**

**Аннотация.** Цель. Проанализирована этиология возникновения неврологических заболеваний, обусловленных стрессовыми ситуациями и другими признаками технического прогресса. **Методы.** Изучены методы физиотерапевтического воздействия на организм человека, применяемые в терапевтической неврологии и являющиеся наиболее приоритетными ввиду безопасности и неинвазивности. **Результат.** Обоснована необходимость использования термоэлектрических преобразователей в терапевтической неврологии. Предложена конструкция полупроводникового термоэлектрического устройства для массажа с подробным описанием принципа работы. Отмечены достоинства разработанной конструкции устройства, состоящие в высокой экологичности, бесшумности, надежности, функциональности, универсальности. Составлена математическая модель локального температурного воздействия (криотермоапликации) и приведены результаты численного эксперимента. **Вывод.** Доказаны возможности сочетания в устройстве функций механического массажа, нагрева, охлаждения и магнитного воздействия.

**Ключевые слова:** термоэлектричество, термоэлектрические модули, терапевтическая неврология, физиотерапия, криотермоапликация, массаж, численный эксперимент, математическая модель

**Tagir A. Ismailov, Madina A. Hazamova, Tamila A. Ragimova**

<sup>1-3</sup>Daghestan State Technical University,  
70 I. Shamil Ave, Makhachkala 367015,  
<sup>1</sup>e-mail: [dstu@dstu.ru](mailto:dstu@dstu.ru),  
<sup>2</sup>[kaftoe2016@yandex.ru](mailto:kaftoe2016@yandex.ru),  
<sup>3</sup>[ragimovatamila@yandex.ru](mailto:ragimovatamila@yandex.ru)

**CRIOTHERMOAPPLICATIONAL THERAPY IN NEUROLOGY WITH THE USE OF**  
**THERMOELECTRIC ENERGY CONVERTERS**

**Abstract. Aim.** The etiology of neurological diseases caused by stress situations and other signs of technological progress is analyzed. **Methods.** The methods of physical therapy effects on the human body used in therapeutic neurology, which are of high priority because of safety and noninvasiveness are investigated. **Results.** The necessity of using thermoelectric converters in therapeutic neu-

*rology is proved. The design of the semiconductor thermoelectric device for massage with the detailed description of the working principle is suggested. The advantages of the developed design of the device are pointed out, consisting in high environmental safety, noiselessness, reliability, functionality, versatility. The mathematical model of the local thermal effects (criothermoapplicational) and the results of numerical experiment are considered. **Conclusion.** The possibilities of combining in the device the functions of mechanical massage, heating, cooling, and magnetic effects.*

**Key words:** *thermoelectricity, thermoelectric module, therapeutic neurology, physiotherapy, criothermoapplication, massage, numerical experiment, mathematical model*

**Введение.** В современных условиях, учитывая малоподвижный образ жизни человека, сопровождающийся стрессовыми ситуациями, приходится говорить о развитии множества неврологических заболеваний, как невралгии, невроты, депрессии, нарушение сна, тяжелые мигрени, остеохондроз и другие. Заболевания могут появляться незаметно и развиваться очень медленно. Первыми симптомами, с которыми пациенты обращаются к врачу, являются головные боли, боли шейно-воротниковой зоны и спины. На первый взгляд, незначительные симптомы являются первыми признаками надвигающихся проблем с нервной системой, механизмы развития которых, симптоматику и возможные способы диагностики, лечения или профилактики, решает неврология. Обычно лечение осуществляют с помощью лекарственных препаратов, но не менее эффективным является применение самых разнообразных традиционных физиотерапевтических процедур, которые на сегодняшний день наиболее приоритетны ввиду безопасности и неинвазивности выбранных методов.

При перечисленных неврологических заболеваниях наиболее эффективны такие методы лечения, как иглоукалывание, массаж, мануальная и физиотерапия [1,3,9]. Необходимо отметить, что неврологические проблемы преимущественно сопровождаются наличием сосудистых недугов нервной системы. Ни один орган тела не может работать при плохом кровоснабжении, что особенно касается головного мозга, малейшая нехватка кислорода в котором приводит к нарушению тонких неврологических процессов. Эти нарушения могут вызывать периодические боли в области шеи, плеч и головы. Постоянная боль в мышцах спины, шеи и плеч приводит к возникновению неприятных хронических заболеваний, связанных с поражением связочно-мышечного аппарата, окружающего плечевой сустав, самого плечевого сустава (бурсит), а также паталогическими изменениями на уровне грудного и шейного отделов позвоночника (шейный остеохондроз и спондилоартроз) [2,9].

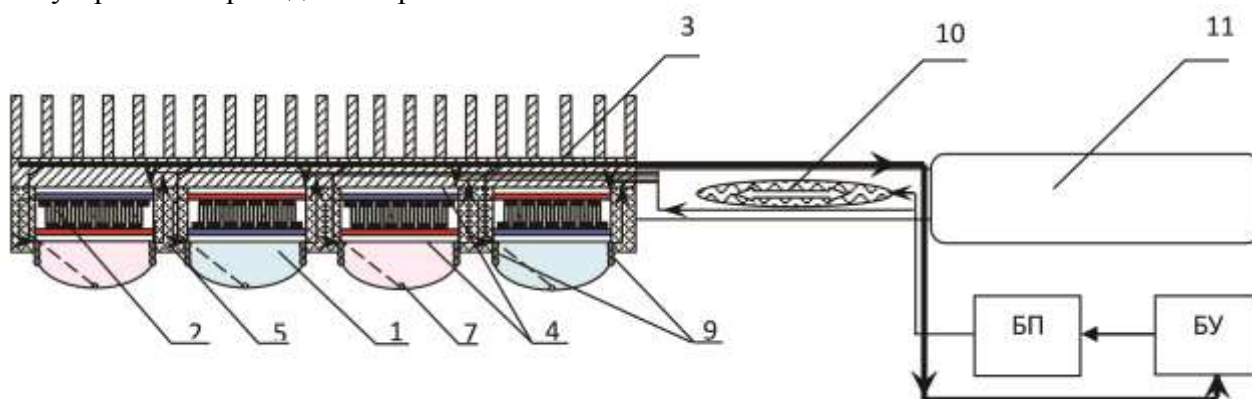
**Постановка задачи.** Наиболее результативными терапевтическими факторами, применяемыми в неврологии, являются массаж спины и шейно-воротниковой зоны, воздействие теплом и холодом, а также воздействие магнитного поля. Массаж спины и шейно-воротниковой зоны улучшает кровообращение, обеспечивает отток крови от головы, что способствует снятию головных болей, головокружения, боли в мышцах, поддерживающих позвоночный столб, в шее, плечах от переутомления и напряжения и т.п. Воздействие положительных температур способствует расширению кровеносных и лимфатических сосудов, снимает сосудистые спазмы, ускоряет метаболические процессы в тканях. В то же время холодное воздействие приводит к локальному замедлению уровня обменных процессов в охлажденных тканях, снижению потребления ими кислорода (и потребности в нем) и питательных веществ клетками. Все это обуславливает противовоспалительный и обезболивающий эффекты. Кроме того, использование контрастного температурного воздействия способствует усилению лечебных эффектов, направляет кровоток к коже, или к внутренним тканям организма, улучшает микроциркуляторные процессы [2].

Магнитное поле значительно повышает эффективность лимфодренажа, усиливает обменные процессы, стимулирует микроциркуляцию, способствует рассасыванию фиброзной ткани, улучшает проводимость. При одновременном использовании физических факторов взаимопотенцирование их физиологического и лечебного действия выражено сильнее, чем при комбинированном (последовательном) применении этих же факторов. Сочетанные методы к тому же дают возможность без ущерба для больного сократить количество применяемых ежедневно методик лечения, обеспечивают большую экономию времени, затрачиваемого на раз-

дельное проведение нескольких процедур. В терапевтической неврологии для снятия спазм мышц и мышечной усталости, оказания расслабляющего и успокаивающего действия, а также для профилактики возникновения и проведения терапевтического лечения заболеваний всех отделов позвоночника, используются массажные устройства различного конструктивного исполнения [4]. Недостатками применяемых на сегодняшний день устройств является невозможность сочетания в устройстве функций механического массажа, нагрева, охлаждения и магнитного воздействия, что реализуемо при использовании термоэлектрических систем, обладающих такими преимуществами, как бесшумность, отсутствие токсичных хладагентов, высокая надежность.

**Методы исследования.** Наиболее эффективным конструктивным решением использования холодного и теплового воздействия в одном устройстве является применение эффекта Пельтье при локальном температурном воздействии (криотермоаппликации), реализованном в полупроводниковых термоэлектрических модулях.

В целях сочетания функции попеременного нагрева и охлаждения массажных аппликаторов, с возможностью температурного режима и режима магнитовоздействия в НИИ «Полупроводниковые термоэлектрические приборы и устройства» при ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет» разработано устройство [5], содержащее воздействующую пластину с массажными аппликаторами, выполненными из ферромагнитного сплава, и вибрационный элемент, расположенный в стержне, соединяющем ручку устройства с воздействующей пластиной; систему изменения температуры массажных аппликаторов в виде полупроводниковых термоэлектрических модулей, имеющих индивидуальное питание от блока питания, управляющее воздействие на который формируется блоком управления в соответствии с сигналами, поступающими от термодатчиков, расположенных в теле массажных аппликаторов, и воздушного радиатора, единого для всей совокупности термоэлектрических модулей и находящегося в тепловом контакте со вторыми спаями последних. При этом магнитовоздействие в устройстве создается при помощи опоясывающих каждый из массажных аппликаторов проводов, с противоположным направлением навивки у соседних массажных аппликаторов, питающих соответствующий ему термоэлектрический модуль. Структурная схема предлагаемого устройства приведена на рис.1.



**Рисунок 1- Конструкция полупроводникового термоэлектрического устройства для теплового воздействия**

Устройство содержит массажные аппликаторы 1, изготовленные из ферромагнитного сплава для усиления магнитного поля, имеющие на конце полусферическое закругление, каждый из которых имеет тепловой контакт с первыми спаями полупроводниковых термоэлектрических модулей 2. Вторые спаи полупроводниковых термоэлектрических модулей 2, имеют тепловой контакт с единым для всей совокупности модулей воздушным радиатором 3.

Для предотвращения нежелательного воздействия электрических импульсов на биологическую ткань, полупроводниковые термоэлектрические модули 2 с обеих сторон снабжены изоляционными прокладками 4 с высокой теплопроводностью (в качестве материала для изо-

ляционных прокладок чаще всего применяется керамика или фарфор). Между массажными аппликаторами 1, а также между полупроводниковыми термоэлектрическими модулями 2, свободное пространство между узлами заливается эпоксидным компаундом 5 с низкой теплопроводностью, образуя, таким образом, воздействующую пластину с массажными аппликаторами.

Питание термоэлектрических модулей осуществляется через блок управления 6, на вход которого подаются сигналы от термопар 7, расположенных в теле массажных аппликаторов 1, а выход которого, связан с блоком питания 8. При этом магнитовоздействие создается при помощи опоясывающих каждый из массажных аппликаторов 1 проводов 9, с противоположным направлением их навивки у соседних массажных аппликаторов, питающих соответствующий ему термоэлектрический модуль 2. Противоположная навивка проводов необходима для изменения направления магнитного поля соседних массажных аппликаторов. Функция вибрационного массажа может быть использована при подаче с блока управления 6 сигнала на вход блока питания 8, а с него на вход вибрационного элемента 10, расположенного в стержне, соединяющем ручку устройства 11 с воздействующей пластиной.

Принцип работы предлагаемого устройства следующий. Перед началом работы оператор выставляет определенную тепловую схему на блоке управления 6, соответствующие сигналы с которого подаются на вход блока питания 8, который в свою очередь осуществляет подачу электрического тока заданной величины и полярности индивидуально на вход каждого из полупроводниковых термоэлектрических модулей 2.

В результате этого первые спаи термоэлектрических модулей 2, находящиеся через изоляционные прокладки 4 в контакте с массажными аппликаторами 1, начинают нагреваться, либо охлаждаться до заданной температуры и, таким образом, создавать определенную тепловую схему массажных аппликаторов, температура которых контролируется при помощи расположенных в их теле термопар 7. Вибрационный режим при необходимости может быть включен также с блока управления 6, выход которого связан с блоком питания 8, от которого идет подача электрического тока на вибрационный элемент 10. Электрический ток, протекая по виткам опоясывающего массажный аппликатор 1 питающего термоэлектрический модуль 2 провода 9 создает магнитное поле, действующее на биообъект. После установки необходимых режимов и тепловых схем устройство приводят в непосредственный контакт с телом пациента. Возможные тепловые схемы отражены на рис.2.

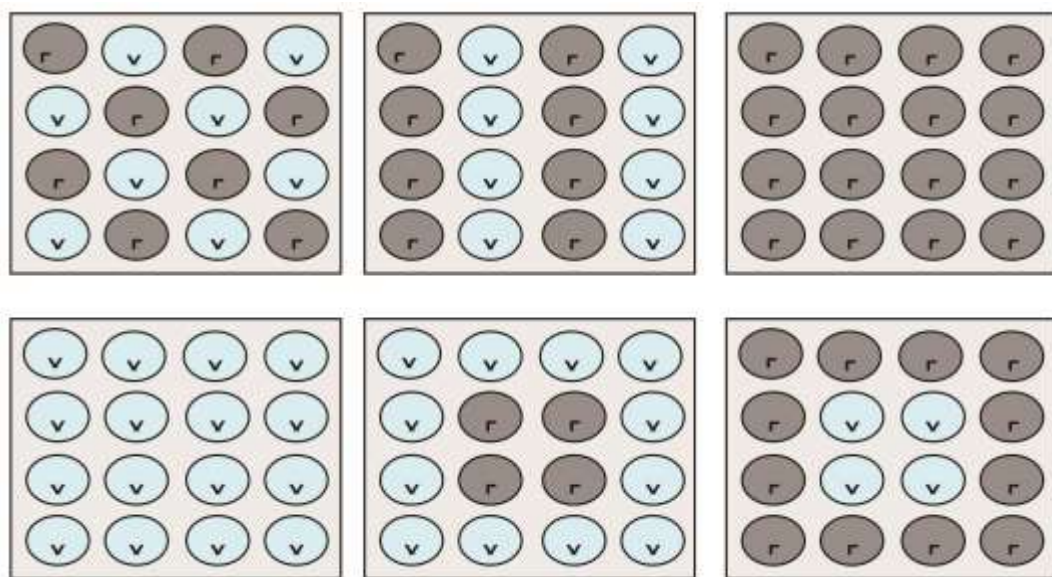


Рисунок 2 - Тепловые схемы

В зависимости от клинической картины врач может создать градиент температур массажных аппликаторов по произвольным схемам: шахматной, строчной, монотемпературной (либо тепловой, либо холодной) и центральным градиентным воздействием [6].

**Модель термоэлектрической системы для локального температурного воздействия.** Криотермоаппликация наиболее соответствует природе эффекта Пельтье, как локального источника теплоты и холода и широко используется в различных отраслях медицины, в том числе и в неврологии.

Существенными параметрами работы термоэлектрических устройств являются продолжительность выхода на заданный режим работы, а также динамические характеристики прибора. Для определения данных показателей предложена квазистационарная модель переходного процесса, рассматривающая термоэлектрическую систему, как единую совокупность элементов – двухслойного [12,13,14,15] биологического объекта (кожный покров, мышечная ткань), теплообменных устройств (радиаторов), термоэлектрической батареи, теплоизоляции, обеспечивающих снижение температуры биологического объекта за требуемое время до необходимой величины.

В данной модели термоэлектрическая батарея через радиатор с теплоемкостью  $C_{p1}$  и тепловой проводимостью  $\sigma_{p1}$  первым (внутренним) спаем сопряжена с объектом воздействия, упрощенно представленном в виде двухслойной структуры, состоящей из кожного покрова и мышечной ткани, имеющих, соответственно, теплоемкость  $C_k$ ,  $C_{тк}$  и тепловую проводимость  $\sigma_k$ ,  $\sigma_{тк}$ . Температура внешнего спае термоэлектрической батареи посредством воздушного, либо жидкостного теплообменного аппарата (радиатора) поддерживается при определенной не изменяющейся во времени величине  $T_{p2}$ . Через термоэлектрическую батарею протекает ток постоянной плотности  $j$ . Кроме того, предполагается, что теплообмен между тканью и кровью происходит в любой точке рассматриваемого биологического объекта и характеризуется удельной мощностью объемных источников теплоты, соответственно для кожного покрова  $P_k$  и мышечной ткани  $P_{тк}$ .

Математическая реализация модели определяется системой следующих дифференциальных уравнений [7]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dT_{p1}}{d\tau} &= \frac{1}{C_{p1}} \left[ \sigma_{p1}(T_k - T_{p1}) + \left[ qejT_{p1} + \frac{1}{2} j^2 \rho h + \frac{\lambda}{h} (T_{p2} - T_{p1}) \right] + \sigma_{p1}(T_{cp} - T_{p1}) \right] \\ \frac{dT_k}{d\tau} &= \frac{1}{C_k} \left[ \sigma_{p1}(T_{p1} - T_k) + \sigma_k(T_{mk} - T_k) + P_k \right] \\ \frac{dT_{mk}}{d\tau} &= \frac{1}{C_{mk}} \left[ \sigma_k(T_k - T_{mk}) + P_{mk} \right] \end{aligned} \right\} (1)$$

где  $T_{p1}$  – температура радиатора, имеющего тепловой контакт с биологическим объектом;  $T_k$  – температура кожного покрова; объемная плотность теплового потока  $q = -1$  при функционировании термоэлектрической батареи в режиме охлаждения объекта воздействия,  $q = 1$  при функционировании термоэлектрической батареи в режиме нагрева объекта воздействия;  $\varepsilon$  – коэффициент термо-э.д.с. термоэлементов в термоэлектрической батарее;  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление термоэлектрической батареи;  $h$  – высота термоэлементов;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала;  $T_{cp}$  – температура окружающей среды;  $T_{тк}$  – температура мышечной ткани.

Начальные условия задаются, исходя из предположения, что в начальный момент времени ТЭС находится в термодинамическом равновесии с окружающей средой и температура всех точек системы равна температуре среды, а объект воздействия имеет температуру, равную 309 К.

Решение системы (1) осуществлено численным образом в пакете прикладных программ MATCAD с использованием алгоритма Рунге-Кутты четвертого порядка. Расчет производился при следующих исходных данных:  $\varepsilon=350 \cdot 10^{-6}$  В/К;  $h=0,002$  м;  $\lambda=3$  Вт/м·К;  $\rho=0,0001$  Ом·м;

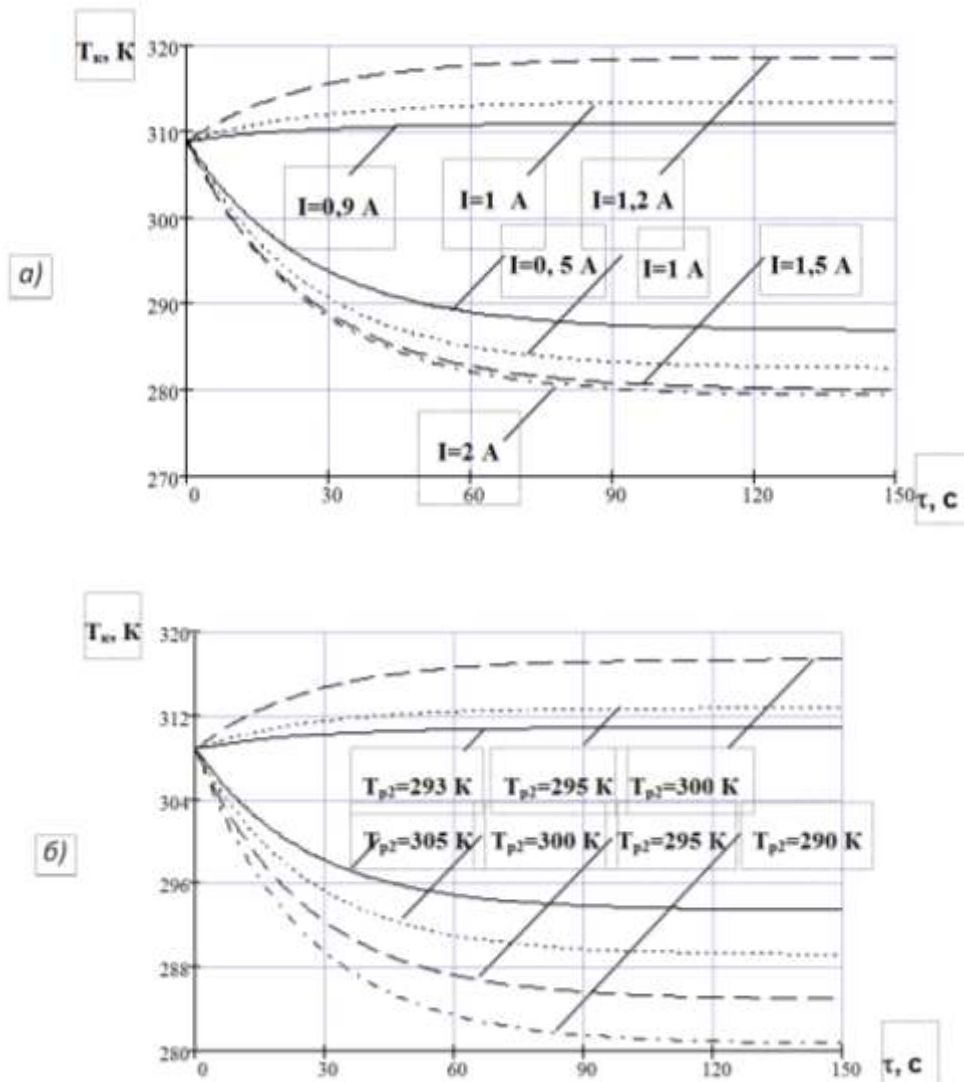


$C_p=380$  Дж/кг·К;  $C_k=3600$  Дж/кг·К;  $C_{TK}=3458$  Дж/кг·К. При этом тепловые проводимости определялись по формулам:

$$\sigma_{p1} = \frac{\lambda_{p1} \cdot S}{\delta_{p1}}, \quad \sigma_k = \frac{\lambda_k \cdot S}{\delta_k}, \quad \sigma_{mk} = \frac{\lambda_{mk} \cdot S}{\delta_{mk}}, \quad (2)$$

где  $\lambda_{p1}$ ,  $\lambda_k$ ,  $\lambda_{TK}$  – коэффициент теплопроводности соответственно радиатора, кожного покрова и мышечной ткани;  $S$  – площадь поверхности соприкосновения термоэлектрического устройства для локального температурного воздействия и биологического объекта воздействия;  $\delta_{p1}$ ,  $\delta_k$ ,  $\delta_{TK}$  – толщина соответственно радиатора, кожного покрова и слоя мышечной ткани. Численные значения исходных величин в выражениях (2) принимались следующими:  $\lambda_{p1}=200$  Вт/м·К;  $\lambda_k=0,389$  Вт/м·К;  $\lambda_{TK}=0,2$  Вт/м·К;  $S=0,015$  м<sup>2</sup>;  $\delta_{p1}=0,02$  м;  $\delta_k=0,002$  м;  $\delta_{TK}=0,03$  м.

**Обсуждение результатов.** При анализе временного хода температуры радиатора на внутреннем спае термоэлектрической батареи, кожного покрова и мышечной ткани, зависимости носят монотонный характер – убывающий при работе термоэлектрической батареи в режиме охлаждения и возрастающий – в режиме нагрева биологического объекта. Согласно расчету, температура радиатора и кожного покрова достаточно быстро стабилизируется, что связано с малой теплоемкостью и высокой тепловой проводимостью радиатора, а также малой толщиной кожного покрова.



**Рисунок 3 – Зависимость изменения во времени температуры кожного покрова при различных величинах тока питания  $I$  термоэлектрической батареи в режиме локального охлаждения и нагрева объекта воздействия**

Особый интерес представляют графические зависимости изменения во времени температуры кожного покрова при различных [17,18,19,20] величинах тока питания I термоэлектрической батареи в режиме локального охлаждения и нагрева объекта воздействия (рис. 3а).

Как следует из рассмотренных зависимостей продолжительность стабилизации температуры кожного покрова в рассмотренном диапазоне токов постоянна и составляет около 120 с. Из графиков, описывающих временной ход температуры кожного покрова, следует, что при изменении силы тока от 0 до оптимального значения, при котором имеет место максимальное понижение температуры на холодном спае термоэлектрической батареи (в настоящем случае 2 А), отношение изменения температуры к изменению силы тока уменьшается.

Так, для указанного случая (по достижению стационарного режима) при увеличении тока питания с 0,5 А до 1 А температура кожного покрова понижается с 286,5 К до 282,5 К, увеличение силы тока с 1 А до 1,5 А понижает температуру с 282,5 К до 280 К, а увеличение тока питания с 1,5 А до 2 А уменьшает температуру до 279,5 К.

Дальнейшее увеличение силы тока вызывает превалирование теплоты Джоуля над теплотой Пельтье, увеличивающее температуру объекта воздействия.

Таким образом, при фиксированной температуре  $T_{p2}$  термоэлектрической батареи предельное снижение температуры биологического объекта ограничено величиной оптимального тока питания. Получить более глубокое понижение температуры объекта воздействия можно, уменьшив значение  $T_{p2}$ . Данное обстоятельство проиллюстрировано на рис.3б., где показано изменение температуры кожного покрова во времени для различных значений  $T_{p2}$  при работе ТЭС в режиме охлаждения и нагрева (ток питания – 0,9 А). При рассмотрении данных, представленных на рис.3а и рис.3б, следует, что для понижения температуры кожного покрова, например, до 280 К при температуре  $T_{p2}=290$  К требуется на 0,6 А меньше, чем в случае стабилизации  $T_{p2}$  на уровне 293 К.

Вместе с тем, уменьшение температуры внешнего спае ( $T_{p2}$ ) требует увеличение тока питания термоэлектрической батареи при работе последней в режиме нагрева биологического объекта для получения такой же температуры кожного покрова, причем требуемое увеличение тока питания термоэлектрической батареи незначительно [8].

**Вывод.** Приведенное устройство может работать в различных температурных режимах, обеспечивая возможность попеременного воздействия отрицательных и положительных температур, а также магнитное воздействие. Использование эффекта Пельтье, как локального источника тепла и холода, с целью проведения оздоровительных процедур является перспективным, поскольку термоэлектрические модули обладают высокой экологичностью, бесшумностью, надежностью и значительным ресурсом работы, обеспечивая применение данного устройства в реабилитационных отделениях и лечебно-профилактических учреждениях широкого профиля [10, 11, 16].

Анализ результатов численного эксперимента показал целесообразность применения термоэлектрических модулей в качестве источников тепла и холода с достижением необходимого температурного диапазона кожного покрова. При этом необходимо отметить наличие определенного выигрыша в потреблении электрической энергии при работе термоэлектрического устройства в режиме охлаждения биологического объекта. При использовании различных тепловых схем данный фактор окажет положительное влияние на энергопотребление устройства.

#### **Библиографический список:**

1. Попова С.М. Физическая реабилитация. Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 608 с.
2. Александров В.В., Алгазин А. И. Основы восстановительной медицины и физиотерапии [Текст] : учеб. пособие /. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 144 с.

3. Епифанов В.А. Восстановительная медицина [Текст] : учебник - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 304 с.
4. Ибатов А.Д., Пушкина С.В. Основы реабилитологии [Текст] : учеб. пособие - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2007. - 160 с.
5. Патент № 2326645 РФ. Полупроводниковое термоэлектрическое устройство для термомагнитомассажа / Исмаилов Т. А., Аминов Г. И., Юсуфов Ш. А., Рагимова Т. А., Хазамова М. А. - № 2005136268/14; Опубл. 20.06.2008, Бюл. № 17 – 6 с.
6. Рагимова Т.А., Абдулаева Н.Н. Использование термоэлектрических модулей в разработке устройств для физиотерапевтических массажных процедур // Состояние и перспективы развития термоэлектрического приборостроения: материалы IV Всероссийской науч.-технич. конф.- Махачкала: ДГТУ, 2013. - С. 145-149.
7. Тахистов Ф.Ю. Квазистационарная модель переходного процесса термоэлектрической системы охлаждения. Сборник докладов VII Межгосударственного семинара «Термоэлектрики и их применения», СПб., ФТИ РАН им. А.Ф. Иоффе, 2000. – С.279-282.
8. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Хазамова М.А. Модель термоэлектрической системы для криотермоаппликации//Вестник Международной академии холода. 2003. – № 3. – С. 16-18.
9. Фокин В.Н. Полный курс массажа: Учебное пособие. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004. — 512 с: ил.
10. Исмаилов Т.А. Термоэлектрические полупроводниковые устройства и интенсификаторы теплопередачи. - СПб.: Политехника, 2005. – 533 с.
11. Термоэлектрики и их применения//Доклады VII Межгосударственного семинара ФТИ РАН им. А.Ф.Иоффе. Санкт-Петербург, 2002. – 515 с.
12. Tiffany Field, Miguel Diego, Gladys Gonzalez, C.G. Funk Neck arthritis pain is reduced and range of motion is increased by massage therapy. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 2014, vol.20, no. 4, pp. 219-223.
13. Tiffany Field. Massage therapy research review. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 2016, vol.24, pp. 19-31.
14. Diederik C. Bervoets, Pim A.J. Luijsterburg, Jeroen J.N. Alessie, Martijn J. Buijs, Arianne P. Verhagen. Massage therapy has short-term benefits for people with common musculoskeletal disorders compared to no treatment: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 2015, vol. 61, no. 3, pp. 106-116.
15. JoEllen M. Sefton, Ceren Yarar, David M. Carpenter, Jack W. Berry. Physiological and clinical changes after therapeutic massage of the neck and shoulders. *Manual Therapy*, 2011, vol.16, no. 5, pp.487-494.
16. Ssenoga Twaha, Jie Zhu, Yuying an, Bo Li. A comprehensive review of thermoelectric technology: Materials, applications, modelling and performance improvement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, vol. 65, pp. 698-726.
17. Jolanta Krukowska, Adam Lukasiak, Jan Czernicki. Impact of magneto stimulation on nerve and muscle electrical excitability in patients with increased muscle tone. *Polish Annals of Medicine*, 2012, vol.19, no.1, pp. 15-20.
18. R. Fortescue Fox, J. Campbell McClure. A new combined physical treatment for wounded and disabled soldiers (heat, massage, electricity, movements.) *The Lancet*, 1916, vol.187, no. 4823, pp. 311-312.
19. Hua Zhang, Hong Chen, Hao Wang, Duoduo Li, Baolin Jia, Zhongjian Tan, Bin Zheng, Zhiwen Weng. Effect of Chinese tuina massage therapy on resting state brain functional network of patients with chronic neck pain. *Journal of Traditional Chinese Medical Sciences*, 2015, vol.2, no.1, pp. 60-68.
20. <http://www.tiensmed.ru/news/nevropatolog-wkti>.



## References:

1. Popova S.M. Physical rehabilitation. *Rostov n/D: Feniks*, 2004, 608 p. (In Russian)
2. Aleksandrov V.V., Algazin A.I., Alexandrov V.V. Fundamentals of rehabilitation medicine and physical therapy. Textbook. *Moscow: GEOTAR-Media*, 2010, 144 p. (In Russian)
3. Epifanov V.A. Regenerative medicine. Textbook - *Moscow: GEOTAR-Media*, 2012, 304 p. (In Russian)
4. Ibatov A.D., Pushkin S.V., Fundamentals of rehabilitation. Textbook. *M.: GEOTAR-Media*, 2007, 160 p. (In Russian)
5. Patent No. 2326645 of the Russian Federation. Semiconductor thermoelectric device for thermomanometer. Ismailov T. A., Aminov, I. Yusufov S. A., Ragimova T. A., Hasamova M.A. No. 2005136268/14; Publ. 20.06.2008, bull. no. 17, 6p. (In Russian)
6. Ragimova T.A., Abdulaeva N.N. The use of thermoelectric modules in the development of devices for physiotherapy massages. [Ispol'zovanie termojelektricheskikh modulej v razrabotke ustrojstv dlja fizioterapevticheskikh massazhnyh procedur]. State and prospects of development of thermoelectric instrument engineering: materials of the IV all-Russian scient.-tech. Conf. [Sostojanie i perspektivy razvitiya termojelektricheskogo priborostroenija: materialy IV Vserossijskoj nauch.-tehnic. Konf.]- *Makhachkala: DSTU*, 2013, pp.145-149. (In Russian)
7. Takhistov F.Y. Quasi-stationary model of the transition process of thermoelectric cooling system. Sbornik dokladov VII Mezghosudarstvennogo seminaru «Termojelektriki i ih primeneniya. [The collection of reports of VII Intergovernmental workshop "Thermoelectric and their applications"], *St. Petersburg, PTI RAS them. A. F. Ioffe*, 2000, pp. 279-282. (In Russian)
8. Ismailov T.A., Avdulov O.V., Hasamova M.A. Model of the thermoelectric system to Krauter-vital. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda*. 2003, no.3, pp.16-18. (In Russian)
9. Fokin V.N. The complete massage course. Textbook. *Moscow: FAIR-PRESS*, 2004, 512 p. (In Russian)
10. Ismailov T.A. Semiconductor thermoelectric devices and intensifiers of heat transfer. *St. Petersburg: Politehnika*, 2005, 533p. (In Russian)
11. Thermoelectric and their applications. Doklady VII Mezghosudarstvennogo seminaru FTI RAN im. A.F.Ioffe. [Proceedings of the VII inter-state seminar, Ioffe Institute them. A. F. Ioffe]. *St. Petersburg*, 2002, 515 p. (In Russian)
12. Tiffany Field, Miguel Diego, Gladys Gonzalez, C.G. Funk Neck arthritis pain is reduced and range of motion is increased by massage therapy. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 2014, vol.20, no. 4, pp. 219-223.
13. Tiffany Field Massage therapy research review. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 2016, vol.24, pp. 19-31.
14. Diederik C. Bervoets, Pim A.J. Luijsterburg, Jeroen J.N. Alessie, Martijn J. Buijs, Arianne P. Verhagen. Massage therapy has short-term benefits for people with common musculoskeletal disorders compared to no treatment: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 2015, vol. 61, no. 3, pp. 106-116.
15. JoEllen M. Sefton, Ceren Yazar, David M. Carpenter, Jack W. Berry. Physiological and clinical changes after therapeutic massage of the neck and shoulders. *Manual Therapy*, 2011, vol.16, no. 5, pp.487-494.
16. Ssennoga Twaha, Jie Zhu, Yuying an, Bo Li. A comprehensive review of thermoelectric technology: Materials, applications, modelling and performance improvement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, vol. 65, pp. 698-726.

17. Jolanta Krukowska, Adam Lukasiak, Jan Czernicki. Impact of magneto stimulation on nerve and muscle electrical excitability in patients with increased muscle tone. *Polish Annals of Medicine*, 2012, vol.19, no.1, pp. 15-20.
18. R. Fortescue Fox, J. Campbell McClure. A new combined physical treatment for wounded and disabled soldiers (heat, massage, electricity, movements.) *The Lancet*, 1916, vol.187, no. 4823, pp. 311-312.
19. Hua Zhang, Hong Chen, Hao Wang, Duoduo Li, Baolin Jia, Zhongjian Tan, Bin Zheng, Zhiwen Weng. Effect of Chinese tuina massage therapy on resting state brain functional network of patients with chronic neck pain. *Journal of Traditional Chinese Medical Sciences*, 2015, vol.2, no.1, pp. 60-68.
20. <http://www.tiensmed.ru/news/nevropatolog-wkti>.

#### **Сведения об авторах.**

**Исмаилов Тагир Абдурашидович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и общей электротехники. Ректор ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», Заслуженный деятель науки РФ.

**Рагимова Тамила Арслановна** – кандидат технических наук, старший преподаватель, кафедры теоретической и общей электротехники.

**Хазамова Мадина Абдуллаевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики.

#### **Authors information.**

**Tagir A. Ismailov** – doctor of technical Sciences, Professor, head of Department of theoretical and General electrical engineering. The rector Dagestan State Technical University, Honored worker of science of the Russian Federation.

**Tamila A. Ragimova** – candidate of technical Sciences, old-senior lecturer, Department of theoretical and General electrical engineering.

**Madina A. Hazamova** – candidate of technical Sciences, Associate Professor of Department of theoretical and General electrical engineering, school of computing, computing and energy.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

**Поступила в редакцию** 25.06.2016.

**Received** 25.06.2016.

**Принята в печать** 20.08.2016.

**Accepted for publication** 20.08.2016.